



(19) RU<sup>(11)</sup> 2 167 485<sup>(13)</sup> C2

(51) Int. Cl.<sup>7</sup> H 02 M 7/523

RUSSIAN AGENCY  
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 99118705/09, 26.08.1999

(24) Effective date for property rights: 26.08.1999

(46) Date of publication: 20.05.2001

(98) Mail address:  
620027, g.Ekaterinburg, ul. Azina 42-A, SF  
VTsPU, Sadyrinoj N.A.

(71) Applicant:  
Novopashin Igor' Vital'evich,  
Alikin Sergej Aleksandrovich,  
Novopashina Svetlana Vladimirovna

(72) Inventor: Novopashin I.V.,  
Alikin S.A., Novopashina S.V.

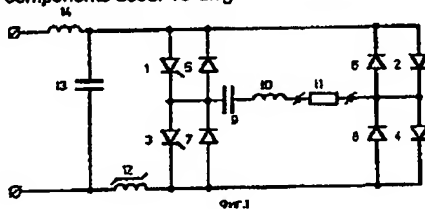
(73) Proprietor:  
Novopashin Igor' Vital'evich

### (54) DC-TO-AC CONVERTER

#### (57) Abstract:

FIELD: thyristor frequency converters for inductive heating of metals. SUBSTANCE: connected to input leads through filter choke is DC diagonal line incorporating filter capacitor and connected through nonlinear choke to inverting thyristor bridge with back diodes. Switching capacitor, choke, and load are connected across diagonally opposite pair of ac terminals of this bridge. Connection of one nonlinear choke across diagonally opposite pair of DC terminals between point of connection of rectifier and that of DC diagonal line to thyristor-diode bridge

fully eliminates asymmetry of inverting bridge currents due to dispensing with four nonlinear chokes on inverting bridge arms. EFFECT: reduced mass and size, improved operating reliability and effectiveness of components used. 13 dwg



RU 2 167 485 C2

RU 2 167 485 C2



(19) RU<sup>(11)</sup> 2 167 485<sup>(13)</sup> C2  
(51) МПК<sup>7</sup> H 02 M 7/523

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

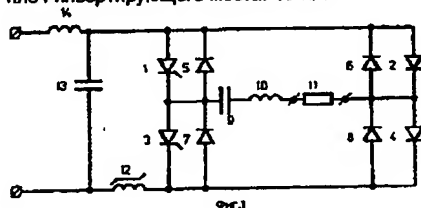
(21), (22) Заявка: 99118705/09, 26.08.1999  
(24) Дата начала действия патента: 26.08.1999  
(46) Дата публикации: 20.05.2001  
(56) Ссылки: SU 1304155 A, 15.04.1987. SU 1285955  
A, 23.10.1986. SU 1467716 A, 23.03.1989. EP  
0050753 A1, 05.05.1982.  
(98) Адрес для перелиски:  
620027, г.Екатеринбург, ул. Азина 42-А, СФ  
ВЦПУ, Садыриной Н.А.

(71) Заявитель:  
Новопашин Игорь Витальевич,  
Аликин Сергей Александрович,  
Новопашина Светлана Владимировна  
(72) Изобретатель: Новопашин И.В.,  
Аликин С.А., Новопашина С.В.  
(73) Патентообладатель:  
Новопашин Игорь Витальевич

(54) ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА В ПЕРЕМЕННЫЙ

(57)  
Тиристорный преобразователь частоты  
для индукционного нагрева металлов.  
Техническим результатом является создание  
преобразователя постоянного тока в  
переменный с минимальными  
массогабаритными показателями, надежного в  
эксплуатации и позволяющего эффективно  
использовать оборудования. Сущность  
изобретения: к входным выводам через  
фильтровый дроссель подключена диагональ  
постоянного тока, состоящая из фильтрового  
конденсатора, которая через нелинейный  
дроссель соединяется с инвертирующим  
тиристорным мостом с обратными вентилями,  
в диагональ переменного тока которого  
включены коммутрующие конденсатор,  
дроссель и нагрузка. Включение одного

нелинейного дросселя в диагональ  
постоянного тока между точкой подключения  
выпрямителя и точкой подключения диагонали  
постоянного тока к тиристорно-диодному  
мосту полностью устраняет несимметрию  
токов инвертирующего моста за счет  
исключения четырех нелинейных дросселей из  
плеч инвертирующего моста. 13 ил.



RU 2 167 485 C 2

RU 2 167 485 C 2

Изобретение относится к преобразовательной технике и может быть использовано при разработке тиристорных преобразователей частоты для индукционного нагрева металлов.

Известен преобразователь постоянного тока в переменный (по авторскому свидетельству СССР N 1265955, МКИ H 02 M 7/523 от 21.06.84 г., опубл. 23.10.86 г., бюл. N 39), содержащий подключенный к входным выводам через дроссель фильтра, инвертирующий тиристорный мост с обратными диодами, в диагональ переменного тока которого включены последовательно соединенные коммутирующий конденсатор и дроссель, а в диагональ постоянного тока - последовательная цепочка, состоящая из дополнительного коммутирующего дросселя, разделительного конденсатора и цепи нагрузки. Четыре нелинейных дросселя включены последовательно с каждым обратным диодом в диагональ постоянного тока моста.

Недостатком данного преобразователя является его низкая надежность при эксплуатации и низкая эффективность использования оборудования. Включение четырех нелинейных дросселей последовательно с обратными диодами не позволяет ограничить скорость нарастания анодного тока тиристора в режиме непрерывного выходного тока, ограничить величину импульса тока сквозного разряда разделительного конденсатора через тиристоры в момент срыва процесса инвертирования. Кроме этого, включение четырех нелинейных дросселей последовательно с каждым обратным диодом приводит к возникновению несимметрии токов плеч инвертирующего моста из-за невозможности точного изготовления катушек индуктивности. Все это приводит к снижению надежности работы преобразователя, уменьшает эффективность использования оборудования.

Известен автономный инвертор (по авторскому свидетельству СССР N 1467716, МКИ H 02 M 7/523 от 26.01.87 г., опубл. 23.03.89 г., бюл. N 11), содержащий подключенную к входным выводам через дроссель фильтра последовательную цепь, состоящую из разделительного конденсатора, защитного дросселя и выходных выводов и соединенную одним концом с тиристорным мостом, в диагональ переменного тока которого включен коммутирующий LC-контур. Тиристорный мост соединен с другим концом последовательной цепи через введенный индуктивный элемент с убывающей генри-амперной характеристикой в диапазоне токов, превышающих номинальный ток.

Недостатком данного инвертора является его низкая надежность при эксплуатации. Включение нелинейного дросселя или индуктивного элемента с убывающей генри-амперной характеристикой в диапазоне токов, превышающих номинальный ток, не позволяет уменьшить скорость нарастания прямого напряжения на тиристорах инвертора. Скорость нарастания напряжения превышает критическое значение, что может привести к срыву процесса инвертирования и к быстрому выходу из строя тиристора.

Наиболее близким техническим решением к заявляемому является последовательный

инвертор (по авторскому свидетельству СССР N 1304155, МКИ H 02 M 7/523 от 08.07.85 г., опубл. 15.04.87 г., бюл. N 14), содержащий подключенный через фильтровые дроссели к входным выводам фильтровый конденсатор, мост тиристоров и мост обратных вентилей, к выводам переменного тока которого подключены конденсаторы смещения, причем последние соединяют вывод переменного тока моста обратных вентилей и общую точку нелинейных дросселей, включенных последовательно с тиристорами. Нагрузка подключена к выводам переменного тока моста обратных вентилей через LC-коммутирующий контур, состоящий из двух конденсаторов и двух дросселей.

Данная схема имеет большую по сравнению с предыдущими надежность при эксплуатации за счет включения нелинейных дросселей последовательно с тиристорами, что уменьшает скорость нарастания прямого напряжения на тиристорах и скорость нарастания анодного тока тиристора в режиме непрерывного выходного тока, а также ограничивает величину импульса тока, сквозного разряда фильтрового конденсатора через тиристоры в момент срыва процесса инвертирования.

Недостатком данной схемы является включение четырех нелинейных дросселей последовательно с каждым тиристором, что предполагает использование в противофазных тактах схемы при работе инвертора различных эквивалентных индуктивностей коммутирующего контура из-за невозможности точного изготовления катушек индуктивностей и приводит к возникновению несимметрии токов плеч инвертора и срыву процесса инвертирования. Несимметрия токов инвертора вызывает резкое уменьшение времени восстановления управляемости тиристора и резкое увеличение амплитуды тока в одной из диагоналей моста, что может привести к срыву инвертирования и выходу из строя тиристора и диодов схемы. При длительной работе инвертора, когда нелинейные дроссели включены последовательно с каждым тиристором, возможно межвитковое замыкание катушки одного из четырех нелинейных дросселей, что также может привести к уменьшению эквивалентной индуктивности одной из диагоналей и к возникновению резкой несимметрии токов плеч инвертора, приводящей к срыву процесса инвертирования и выхода из строя тиристора. Кроме того, наличие дополнительного коммутирующего LC-контура, конденсаторов смещения и определенный подбор их значений для обеспечения устойчивости работы последовательного инвертора усложняет схему, повышает трудозатраты по изготовлению отдельных ее элементов, ведет к росту материалоемкости инвертора в целом. Все это приводит к снижению надежности работы инвертора, уменьшает эффективность использования оборудования.

В основу изобретения положена задача создания схемы преобразователя постоянного тока в переменный с минимальными массогабаритными показателями, надежного в эксплуатации и позволяющего эффективно использовать оборудование.

Поставленная задача решается тем, что в

преобразователе постоянного тока в переменный, содержащем подключенный через дроссель фильтра к входным выводам фильтровый конденсатор, соединенный одним концом с инвертирующим тиристорным мостом с обратными вентилями, в диагональ переменного тока которого включены последовательно коммутирующие конденсатор, дроссель и цепь нагрузки, а другим концом подключен к другому выводу инвертирующего тиристорного моста с обратными вентилями через нелинейный дроссель.

Включение нелинейного дросселя в диагональ постоянного тока между точкой подключения фильтрового конденсатора и точкой подключения инвертирующего тиристорного моста с обратными вентилями к входным выводам позволяет использовать эти два дросселя как в четных, так и в нечетных тактах работы схемы преобразователя. Эквивалентная индуктивность коммутирующего контура при различных тактах работы схемы будет одинаковой. Это позволяет полностью исключить несимметрию токов различных диагоналей инвертирующего моста, приводящую к уменьшению времени восстановления управляемости тиристоров. Время восстановления тиристоров не снизится ниже критических значений, амплитуда токов тиристоров и диодов не будет выше критического уровня. Устранение несимметрии в работе схемы преобразователя позволяет расширить частотный диапазон преобразователя. Режим несимметрии возможен вследствие неточного изготовления катушек индуктивностей, что приводит, в случае их включения в каждое плечо инвертирующего моста в режиме работы схемы на резонансный нагрузочный контур, к усилению гармоник тока инвертирующего моста, совпадающей по частоте с частотой тока в одной из диагоналей инвертора. Устранение несимметрии токов различных диагоналей инвертирующего моста снижает возможность срыва инвертирования, что повышает надежность работы преобразователя и эффективность использования оборудования.

Применение одного нелинейного дросселя, включенного в диагональ постоянного тока, последовательно с фильтровым конденсатором заменяет четыре нелинейных дросселя, устанавливаемых в плечи вентильного и тиристорного моста (как в схемах по авт. св. N 1265955 и N 1304155). Это позволяет упростить схему, уменьшить трудозатраты и материалоемкость при изготовлении.

Применение нелинейного дросселя, включенного в цепь постоянного тока между точкой подключения фильтрового конденсатора и точкой подключения инвертирующего тиристорного моста с обратными вентилями к входным выводам, позволяет ограничить скорость нарастания прямого напряжения на тиристорах. При включении тиристоров в первый момент времени практически все напряжение, действующее в образованном контуре, прикладывается к нелинейному дросселю, поскольку его индуктивность в несколько раз превышает эквивалентную индуктивность коммутирующего контура. По мере перематчивания сердечника напряжение на

нелинейном дросселе уменьшается, причем скорость нарастания напряжения на тиристорах определяется скоростью спада напряжения на нелинейном дросселе, т. е. регулированием времени перематчивания сердечника нелинейного дросселя можно задать требуемую скорость нарастания напряжения на тиристорах.

При работе преобразователя в режиме непрерывного выходного тока тиристоры включаются в момент времени, когда ток противофазных обратных диодов еще не кончился. В этом случае скорость нарастания анодного тока тиристоров ограничивается нелинейным дросселем.

Кроме этого, включение нелинейного дросселя в цепь постоянного тока позволяет ограничить величину импульса тока сквозного разряда фильтрового конденсатора при одновременном отпирании противофазных тиристоров в момент срыва процесса инвертирования. Амплитуда импульса тока сквозного разряда фильтрового конденсатора и скорость нарастания анодного тока на тиристорах определяется собственной индуктивностью обмотки нелинейного дросселя.

Включение нелинейного дросселя в диагональ постоянного тока между точкой подключения фильтрового конденсатора и точкой подключения инвертирующего тиристорного моста с обратными вентилями к входным выводам позволяет устранить возможность возникновения несимметрии токов инвертирующего моста, приводящей к уменьшению времени восстановления управляемости тиристоров и резкому увеличению амплитуды тока тиристора, ограничить скорость нарастания прямого напряжения на тиристорах и скорость нарастания анодного тока тиристоров в режиме непрерывного выходного тока, а также ограничить величину импульса сквозного разряда фильтрового конденсатора через тиристоры в момент срыва процесса инвертирования.

Таким образом, предлагаемое изобретение позволяет создать схему преобразователя постоянного тока в переменный, обладающего минимальными массогабаритными показателями, повышенной надежностью и позволяющего эффективно использовать оборудование.

На фиг. 1 представлена принципиальная электрическая схема преобразователя. На фиг. 2 изображена работа схемы преобразователя, когда нелинейный дроссель включен в цепь переменного тока последовательно с тиристором в каждом плече инвертирующего моста. На фиг. 3 показана работа схемы преобразователя, когда нелинейный дроссель включен в цепь постоянного тока последовательно с фильтровым конденсатором. На фиг. 2 и 3 показана величина амплитуды тока, протекающего через тиристор, и время восстановления тиристоров. На фиг. 4 показано изменение выходной мощности в зависимости от частоты и указан диапазон частот, близких к резонансной частоте, где может возникнуть неконтролируемый участок изменения выходной мощности от  $P_{\max}$  до  $(P_{\max} - f)$ , когда нелинейный дроссель с убывающей гекри-амперной характеристикой при токе насыщения меньше номинального

стоит последовательно с тиристором в каждом плече инвертирующего моста. На фиг. 5 изображена зависимость выходной мощности от частоты в случае, когда нелинейный дроссель с током насыщения меньше номинального тока включен в цепь постоянного тока. На фиг. 6 изображена временная диаграмма тока тиристора, где показано ограничение скорости нарастания тока, а на фиг. 7 показана диаграмма тока через тиристор для схемы (по авторскому свидетельству СССР N 1467716, МКИ H 02 M 7/523 от 26.01.87 г., опубл. 23.03.89 г., бюл. N 11), где отсутствует ограничение скорости нарастания тока. На фиг. 8 изображена генри-временная характеристика нелинейного дросселя при токах больше и меньше номинального значения. На фиг. 9 изображена генри-временная характеристика нелинейного дросселя, включенного в цепь постоянного тока при работе преобразователя, при токах выше номинального значения. На фиг. 10 показано напряжение на нелинейном дросселе при перематывании при токах насыщения меньше номинального значения. На фиг. 11 показано напряжение на нелинейном дросселе, когда он выполнен с убывающей генри-амперной характеристикой в диапазоне токов, превышающих номинальное значение. На фиг. 12 показано нарастание скорости напряжения на тиристорах, определяющееся тангенсом угла наклона, когда нелинейный дроссель включен в цепь постоянного тока и работает при токах меньше номинального значения. На фиг. 13 показано нарастание скорости напряжения на тиристоре, когда нелинейный дроссель включен в цепь постоянного тока и работает при токах больше номинального значения.

Преобразователь содержит инвертирующий мост на тиристорах 1-4 с обратными диодами 5-8, в диагональ переменного тока которого включены коммутаторы конденсатор 9, дроссель 10 и нагрузка 11. Параллельно мосту через нелинейный дроссель 12 включен фильтровый конденсатор 13, который соединен с входными выводами через фильтровый дроссель 14.

Преобразователь работает следующим образом. При подаче импульсов управления на тиристоры 1 и 4 ток протекает по контуру 13-1-9-10-11-4-12-13. При включении тиристора в первый момент времени все напряжение, действующее в образовавшемся контуре, прикладывается к нелинейному дросселю (фиг. 10), поскольку его индуктивность  $L$  в несколько раз больше, чем эквивалентная индуктивность коммутаторного контура, которая равна сумме собственных индуктивностей обмоток дросселей 10 и 12. По мере перематывания сердечника (фиг. 8) напряжение на нелинейном дросселе 12 уменьшается (фиг. 10), а напряжение на тиристорах 1, 4 плавно нарастает (фиг. 12). Нелинейный дроссель выполняется в виде катушки индуктивности с сердечником из ферритовых колец с зазором. Регулируя величину зазора, можно задать требуемую скорость нарастания прямого напряжения на тиристорах (фиг. 12). После перематывания сердечника нелинейного дросселя 12 его индуктивность будет определяться собственной индуктивностью обмотки.

В контуре протекает первая полуволна тока. По окончании тока тиристора 1, 4 происходит обратное перематывание сердечника нелинейного дросселя, что вызывает плавное повышение уровня напряжения на тиристорах, который определяется суммой напряжения на фильтровом конденсаторе 13 и нелинейном дросселе 12. Напряжение на коммутаторном конденсаторе 9 становится больше, чем напряжение на фильтровом конденсаторе 13, которое включает обратные диоды 5 и 8. С этого момента протекает ток сброса излишней реактивной энергии, накопленной в дросселях 10 и 12 и коммутаторном конденсаторе 9 по контуру 13-12-8-11-10-9-5-13. В контуре протекает обратная полуволна тока, диоды 5 и 8 открыты. По окончании обратной полуволны тока сердечник нелинейного дросселя 12 снова перематывается.

В предлагаемой схеме ток насыщения нелинейного дросселя  $I_{нд}$  значительно меньше тока тиристора  $I_n$  (фиг. 6). Поэтому до насыщения нелинейного дросселя все напряжение прикладывается к нелинейному дросселю (фиг. 10), ограничивая скорость нарастания прямого напряжения на тиристорах  $dU_f/dt$  (фиг. 12). После насыщения нелинейного дросселя напряжение на дросселе будет определяться собственной индуктивностью обмотки (фиг. 10). Как видно на фиг. 12, напряжение на тиристорах плавно нарастает и скорость нарастания не превышает критического значения, что обеспечивает стабильность работы тиристора, повышая срок их службы.

На фиг. 7 изображена работа схемы преобразователя когда нелинейный дроссель включен в цепь постоянного тока с убывающей генри-амперной характеристикой при токах насыщения выше номинального значения. Как видно их характеристик на фиг. 7 и 9, ток насыщения  $I_{нд}$  нелинейного дросселя выше номинального значения тока нагрузки, при этом скорость нарастания тока и напряжения (фиг. 7 и 13) достаточно велика.

Проведем сравнительный анализ схемы с нелинейным дросселем с насыщением выше тока номинального и предлагаемой схемы. Как видно из диаграммы фиг. 7 и 9, при увеличении амплитуды тока выше  $I_n$  происходит уменьшение индуктивности нелинейного дросселя именно в момент "пика" тока через тиристор. Момент времени начала насыщения, как видно из фиг. 7, значительно отстоит от начала нарастания напряжения на тиристоре и от начала прохождения тока через противофазный тиристор. Поэтому данный тип дросселя с током насыщения более  $I_{ном}$  не может уменьшить ни  $dU_f/dt$ , ни  $dI_f/dt$  через тиристор.

Наша же схема, т.к. насыщение дросселя происходит значительно раньше при  $I = I_{нд}$  и именно в момент начала прохождения тока через тиристор, позволяет ограничить как  $dU_f/dt$ , так и  $dI_f/dt$ . Кроме того, включение в схему встречных диодов позволяет ограничить токи и напряжение на тиристорах за счет рекуперации излишней реактивной мощности в фильтровый конденсатор 13. Таким образом, предлагаемая схема не только ограничивает напряжение через тиристоры, но и снижает до допустимого значения  $dU_f/dt$  и  $dI_f/dt$ .

По мере перематывания нелинейного дросселя (фиг. 11) напряжение на нем падает, при этом скорость нарастания напряжения на тиристорах (фиг. 13) высокая и имеет угол наклона близкий к  $90^\circ$  (или  $t_g = \infty$ ). Напряжение почти мгновенно прикладывается к тиристорам, что приводит к уменьшению его срока службы и выходу из строя.

Во втором такте, когда открываются тиристоры 2 и 3, ток протекает по контуру 13-2-11-10-9-3-12-13. Далее ток через тиристоры прекращается, отпираются диоды 6, 7 и ток начинает протекать по контуру 13-12-7-9-10-11-6-13. По окончании тока диодов 6 и 7 имеет место интервал бестоковой паузы, затем включаются тиристоры 1, 4 и процесс повторяется. Далее схема работает аналогично описанному. За два такта работы формируется полный период выходного тока.

Выключение нелинейного дросселя 12 в цепь постоянного тока между точкой подключения фильтрового конденсатора и точкой подключения инвертирующего тиристорного моста с обратными вентилями к входным выводам позволяет устранить возникновение несимметрии токов инвертирующего моста, приводящей к срыву процесса инвертирования и выходу из строя тиристоров. На фиг. 2 изображена работа схемы, когда нелинейный дроссель включен последовательно с тиристорами в каждое плечо инвертирующего моста (как у прототипа). Суммарная индуктивность двух тактов работы инвертора, когда формируется полный период выходного тока, будет различной, т.к. в первом такте работает одна пара тиристоров со своими нелинейными дросселями, а во втором такте работает другая пара тиристоров с другими нелинейными дросселями. Из-за невозможности точного изготовления катушек эквивалентная индуктивность коммутирующего контура будет различной в противофазных тактах работы схемы. Как показано на фиг. 2, это приведет к тому, что амплитуда тока  $I_{Ta}$ , протекающего через тиристор и диод, будет изменяться от такта к такту и может превысить критическое значение. При этом время восстановления управляемости тиристоров  $t_{cy}$  будет также различным в различных тактах работы схемы и его значения могут быть ниже критического показателя, что приведет к срыву процесса инвертирования, или превысит критическое значение, что приведет к пробоем тиристоров и выходу их из строя. На фиг. 3 показана работа схемы, когда нелинейный дроссель включен между точкой подключения фильтрового конденсатора и точкой подключения инвертирующего тиристорного моста с обратными вентилями к входным выводам. Суммарная индуктивность коммутирующего контура, определяемая нелинейным дросселем 12 и коммутирующим дросселем 10, делает эти дроссели общими для контуров 13-1-9-10-11-4-12-13 и 13-12-8-11-10-9-5-13. первого такта и 13-2-11-10-9-3-12-13 и 13-12-7-9-10-11-6-13 второго такта работы схемы преобразователя. Амплитуда тока тиристора  $I_{Ta}$  будет оставаться постоянной в различных тактах работы схемы и не будет превышать критического значения. При этом время восстановления управляемости тиристоров будет постоянным и достаточным и не будет

ниже критического значения. На фиг. 4 изображена зависимость выходной мощности преобразователя  $P_{вых}$  от частоты. Зона частот  $(f-\Delta f)-(f+\Delta f)$  с выходной мощностью  $P_{вых} = [P_{max}-\Delta P]-P_{max}$  является наиболее благоприятной и эффективной областью работы элементов схемы преобразователя. У прототипа (авт. св. N 1304155) в данной зоне может возникнуть неконтролируемый участок, где из-за несимметрии может произойти сбой в работе схемы и выход из строя тиристоров. В заявляемой схеме преобразователя на всем диапазоне частот от 0 до  $f_{ном}$  выходная мощность остается регулируемой, что позволяет работать в оптимальном режиме (фиг. 5). В заявленной схеме преобразователя показатель, равный отношению выходной мощности к массе преобразователя, будет выше по сравнению с прототипом, т.е. предлагаемая схема позволяет максимально эффективно использовать оборудование.

При работе преобразователя в режиме непрерывного выходного тока тиристоры включаются в момент времени, когда ток противофазных обратных вентилях диодов еще не кончился, а скорость нарастания анодного тока тиристоров ограничивается нелинейным дросселем насыщения, например при открытии тиристоров 1 и 4 ток протекает по контурам 13-1-7-12-13 и 13-6-4-12-1 и скорость его нарастания определяется собственной индуктивностью обмотки нелинейного дросселя 12.

Кроме того, включение нелинейного дросселя 12 в цепь постоянного тока между точкой подключения фильтрового конденсатора и точкой подключения инвертирующего тиристорного моста с обратными вентилями к входным выводам позволяет ограничить величину импульса тока сквозного разряда фильтрового конденсатора 13 при одновременном отпирании противофазных тиристоров 1, 3 или 2, 4 в момент срыва процесса инвертирования. Ток разряда фильтрового конденсатора 13 протекает по контуру 13-1-3-12-13 или 13-2-4-12-13. Амплитуда импульса тока сквозного разряда фильтрового конденсатора 13 в данной схеме обратно пропорциональна величине суммарной собственной индуктивности обмотки нелинейного дросселя и прямо пропорциональна величине емкости фильтрового конденсатора 13. Таким образом, нелинейный дроссель позволяет максимально снизить амплитуду импульса тока сквозного разряда фильтрового конденсатора 13 через тиристоры и ограничить скорость его нарастания.

Включение нелинейного дросселя в цепь постоянного тока между точкой подключения фильтрового конденсатора и точкой подключения инвертирующего тиристорного моста с обратными вентилями оказывается весьма полезным и позволяет обеспечить стабильные условия работы преобразователя как в стационарных режимах, так и при срыве процесса инвертирования с достаточной степенью надежности при минимальных массогабаритных показателях.

Данная схема нашла практическое применение в тиристорных преобразователях частоты для индукционного нагрева металла и закалки. Внедрено более пятидесяти таких установок на машиностроительных и

металлургических производствах России и ближнего зарубежья.

#### Формула изобретения:

Преобразователь постоянного тока в переменный, содержащий подключенные через дроссель фильтра к входным выводам фильтровый конденсатор, соединенный одним концом с одним выводом инвертирующего тиристорного моста с обратными вентилями, в диагональ переменного тока которого включены последовательно соединенные

коммутирующие конденсатор, дроссель и цепь нагрузки, а также преобразователь постоянного тока в переменный содержит нелинейный дроссель, отличающийся тем, что инвертирующий тиристорный мост с обратными вентилями соединен другим выводом с другим концом фильтрового конденсатора через нелинейный дроссель таким образом, что нелинейный дроссель включен в диагональ постоянного тока последовательно с фильтровым конденсатором.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

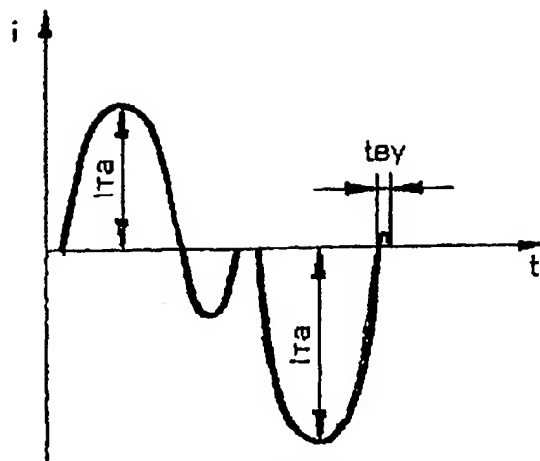
55

60

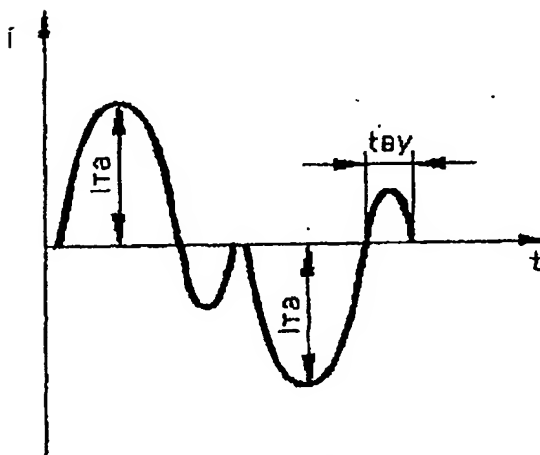
-7-

RU 2 1 6 7 4 8 5 C 2

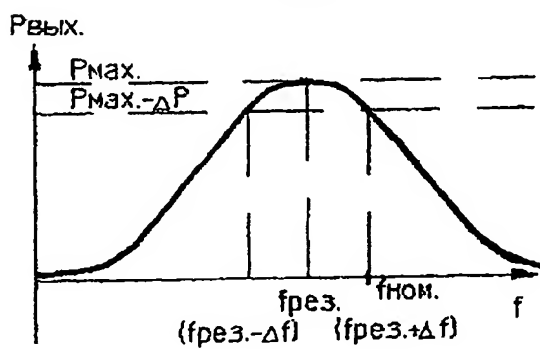
RU 2 1 6 7 4 8 5 C 2



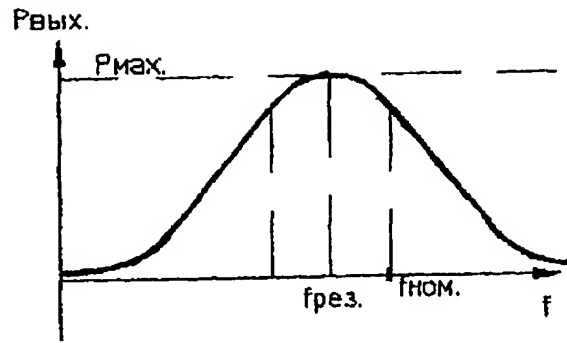
Фиг.2



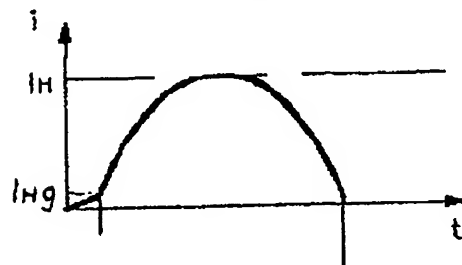
Фиг.3



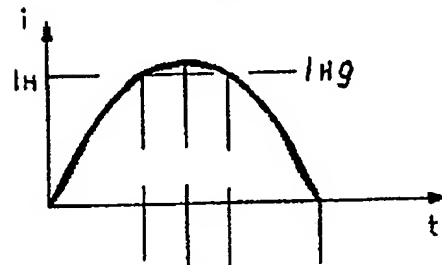
Фиг.4



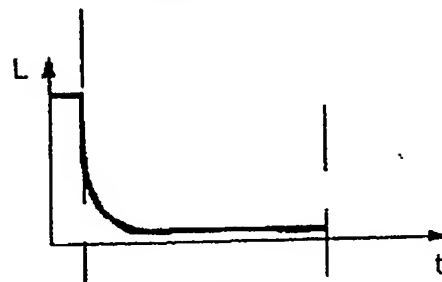
Фиг.5



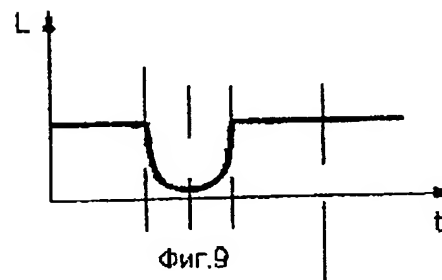
Фиг.6



Фиг.7



Фиг.8

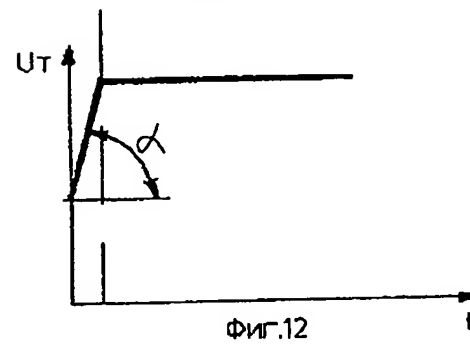
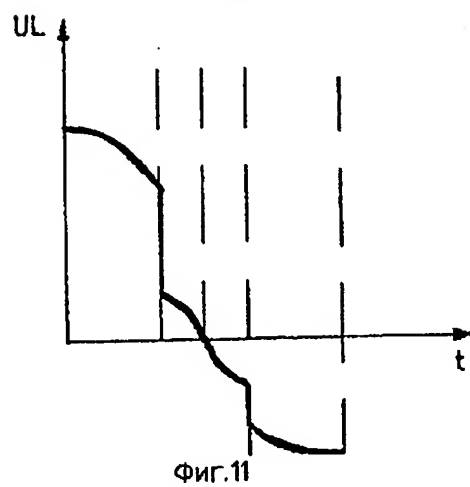
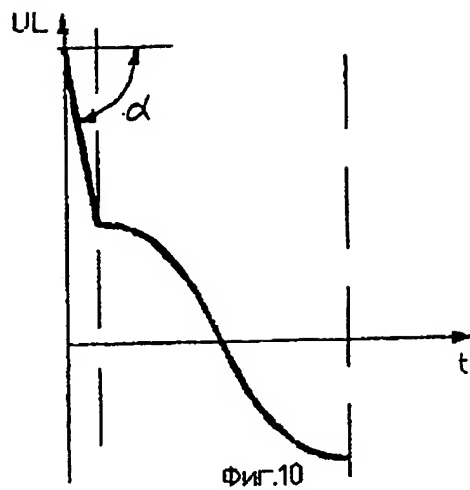


Фиг.9

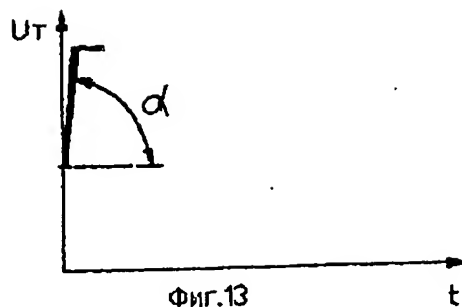
RU 2167485 C2

RU 2167485 C2

RU 2167485 C2



RU 2167485 C2



Фиг.13

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{dU_T}{dt}$$

RU 2167485 C2

RU 2167485 C2